

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN  
VARIASI AMPERE 120, 160, 200, MENGGUNAKAN METODE  
SMAW WET UNDERWATER WELDING**



Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat – Syarat Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas  
Muhammadiyah Surakarta

**Disusun :**

**TUNJUNG HARI MUKTI**

**NIM : D.200.14.0005**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul : “ **Analisa Kekuatan Sambungan Baja ST 37 Dengan Variasi Ampere 120, 160, 200 Menggunakan Metode SMAW Wet Underwater Welding**” yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan dari penelitian atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana dilingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 16 Januari 2017

Yang menyatakan



Tunjung Hari Mukti

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir yang berjudul “ **Analisa Kekuatan Sambungan Baja ST 37 Variasi Ampere 120, 160, 200 Menggunakan Metode SMAW Wet Underwater Welding**”, telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh : Tunjung Hari Mukti  
NIM : D.200.140.005

Disetujui Pada :  
Hari : Rabu  
Tanggal : 18 Januari

Mengetahui  
Pembimbing Utama



**Dr. Agus Dwi Anggono**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul : “ **Analisa Kekuatan Sambungan Baja ST 37 Dengan Variasi Ampere 120, 160, 200 Menggunakan Metode SMAW Wet Underwater Welding** ” telah dipertahankan dihadapan tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : Tunjung Hari Mukti

NIM : D.200.140.005

Disahkan Pada,

Hari : Sabtu.

Tanggal : 17 Desember.

Tim Penguji :

Tim Penguji :

Ketua : Dr. Agus Dwi Anggono.

( ..... )

Anggota 1 : Dr. Joko Sedyono.

( ..... )

Anggota 2 : Patna Partono, ST, MT.

( ..... )

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah  
Surakarta



Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

Ir. Tri Widodo B. R., ST, MSc, Ph.D

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ


Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
427/A.3-II/TM/TA/XII/2015. Nomor ..... Tanggal ..... 11 Desember 2015  
dengan ini :

Nama : Agus Dwi Anggono, Ph.D  
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli  
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua \*)  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Tunjung Hari Mukti  
Nomor Induk : D 200 140 005  
NIRM : -  
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir  
Judul/Topik : ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN VARIASI AMPERE 120,  
Rincian Soal/Tugas : 160, 200, MENGGUNAKAN METODE SMAW WET UNDERWATER WELDING

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, ..... 11 Desember 2015  
Pembimbing



Agus Dwi Anggono, Ph.D

Cc. : Bibit Sugito, Ir, MT.

Keterangan Lektor Kepala

\*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur
2. Warna kuning untuk Pembimbing I
3. Warna merah untuk Pembimbing II
4. Warna putih untuk mahasiswa

## **MOTTO**

***“ Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka dia berada  
dijalan Allah SWT “  
( HR. Turmudzi )***

***“ Cara untuk menjadi di depan adalah memulai sekarang. Jika  
memulai sekarang, tahun depan Anda akan tahu banyak hal yang  
sekarang tidak diketahui, dan Anda tak akan mengetahui masa depan  
jika Anda menunggu-nunggu “  
( Nabi Muhammad SAW )***

***“ Sukses bukanlah akhir dari segalanya, kegagalan bukanlah sesuatu  
yang fatal, namun keberanian untuk meneruskan kehidupanlah yang  
diperhatikan “  
(Sir Winston Churchill)***

***“ Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka  
melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus  
dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak “  
( Ernest Newman )***

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan kerendahan hati kupersembahkan karya sederhana ini kepada :

1. Ayahanda Bambang Sumadi dan Ibunda Tuti Darwanti tercinta yang selalu memberikan dukungan, dorongan, motivasi serta doa.
2. Kakak, Adik dan Keluarga besar tercinta yang selalu memberi dukungan.
3. Teman – teman transfer Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang selalu memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh teman – teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Semoga tugas akhir ini membawa kebermanfaatan. Jika hidup bisa kuceritakan di atas kertas, entah berapa banyak yang dibutuhkan hanya untuk kuucapkan terima kasih.

# **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN VARIASI AMPERE 120, 160, 200, MENGGUNAKAN METODE SMAW WET UNDERWATER WELDING**

**Tunjung Hari Mukti, Agus Dwi Anggono.**

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [Tunjungharimukti@gmail.com](mailto:Tunjungharimukti@gmail.com)

## **ABSTRAKSI**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan las baja ST 37 dan untuk mengetahui struktur mikro/makro dari hasil pengelasan SMAW Wet Underwater Welding. Proses pengelasan pada penelitian ini menggabungkan dua material baja ST 37 dengan tebal plate 5 mm dimana pengelasan dilakukan didalam bak berukuran  $P = 1\text{ m}$ ,  $L = 0,5\text{ m}$ ,  $T = 0,5\text{ m}$  dengan ketinggian air 20 cm, variasi ampere yang digunakan 120, 160, dan 200.*

*Pengujian foto mikro dilakukan dengan menggunakan foto mikro merk euromax type holland, pengujian tarik menggunakan Universal Testing Machine SANS, pengujian kekerasan menggunakan alat micro hardness vickers merk Highwood HWMMT-X7. Analisa hasil pengelasan berupa kekuatan sambungan las, melihat hasil foto mikro/makro, serta hasil kekerasan pengelasan yang meliputi daerah base metal, HAZ, Weld Nugget. Dari hasil foto mikro menunjukan bahwa daerah HAZ didominasi oleh butir – butir perlit dan ferit sedangkan pada daerah weld nugget didominasi oleh butiran Bainit ( B ), Ferit Batas Butir ( FBB ), dan Martensit ( M ).*

*Hasil penelitian menunjukan bahwa semakin semakin besar arus yang digunakan tegangan yang dihasilkan menurun dan semakin keras tingkat kekerasan pada daerah weld nugget. Pada spesimen 120 A menghasilkan tegangan maksimum sebesar 354,45 Mpa dengan kekerasan paling tinggi pada spesimen 200 A titik 0 sebesar 353,5 HVN.*

**Kata Kunci:** *Pengelasan, Las Bawah Air, Amper pengelasan, Baja Karbon Rendah.*



## ABSTRACTS

*Objectives of the research are to investigate the welding strength of ST37 steel and to investigate the micro/macro structure of welding cross section. The welding process was conducted by using SMAW wet underwater welding. The welding of the research was connected two materials of ST37 steel with the thickness of 5 mm. The underwater welding carried out in the square water tank with the dimensions of  $L = 1\text{ m}$ ,  $W = 0.5\text{ m}$ ,  $H = 0.5\text{ m}$  and water level of 0.2 m. Electric current during the welding process varied from 120, 160 and 200 ampere.*

*Micro photo is done by using Euromax photo, Holland type. While the tensile test is performed by using SANS Universal Testing Machine. Highwood HWMMT-X7 hardness machine test is used to test the hardness of welding specimens. From the micro photo, it was shown clearly that in the HAZ was found grains of perlite and ferrite, whereas in the weld nugget area was dominant of Bainite (B), Ferrite Grain Boundary (FGB) and Ferrite Martensite (M).*

*The results showed that the greater the applied current generated voltage decreases and the harder the level of violence in the area weld nugget. On specimens 120 A produces a maximum voltage of 354.45 Mpa with the highest hardness of the specimen 200 A point 0 at 353.5 HVN.*

**Keywords:** *Welding, under water welding, weld current, low carbon steel*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir berjudul “ **ANALISA KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA ST 37 DENGAN VARIASI AMPERE 120, 160, 200, MENGGUNAKAN METODE SMAW WET UNDERWATER WELDING** ” dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ini menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. **Bapak Tri Widodo BR., ST., MSc., Ph.D.** Selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. **Bapak Dr. Agus Dwi Anggono.** selaku dosen pembimbing utama terima kasih telah banyak memberikan banyak waktu, ilmu, saran, arahan dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik mesin yang sudah membimbing dan mengajar selama ini.
5. Bapak Bambang sumadi dan ibu Tuti Darwanti yang saya cintai dan banggakan terima kasih banyak sudah memberi dukungan

baik secara moril maupun materil, semoga bapak ibu panjang umur sehat, selalu dalam lindungan Allah SWT, dan tak pernah kulupakan jasa – jasa dan pengorbanan kalian sungguh besar.

6. Rekan – rekan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

7. Semua pihak yang sudah membantu sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca dapat saya terima dengan senang hati.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Surakarta, 16 Januari 2017



Tunjung Hari Mukti

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
LEMBAR MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAKSI.....	viii
ABSTRACTS.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Pengelasan.....	7
2.2.2 Underwater Welding.....	8
2.2.3 Jenis Arus Mesin Las SMAW.....	11
2.2.4 Elektroda ( <i>electrode</i> ).....	12
2.2.5 Parameter Pengelasan.....	15
2.2.6 Shield Metal Arc Welding ( SMAW ).....	15
2.2.7 Aplikasi Underwater Welding.....	17
2.2.8 Baja.....	18
2.2.9 Diagram Fasa Besi – Karbon .....	22
2.2.10 Struktur Mikro Daerah Las .....	29
2.2.11Time Temperatur Transformation Diagram .....	33
2.3 Pengujian Hasil Pengelasan .....	35
2.3.1 Pengujian Tarik.....	35
2.3.2 Pengujian Kekerasan.....	39
2.3.3 Pengujian Foto Struktur Mikro.....	41
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.2 Tempat Penelitian.....	44
3.3 Persiapan Bahan.....	44
3.4 Peralatan Proses Pengelasan.....	45

3.5 Peralatan Pengujian Spesimen.....	49
3.6 Proses Pengelasan.....	51
3.7 Pengujian Spesimen Hasil Pengelasan.....	53
3.7.1 Uji Tarik.....	54
3.7.2 Uji Kekerasan.....	55
3.7.3 Uji Foto Struktur Mikro.....	58
BAB IV HASIL PEMBAHASAN.....	59
4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	59
4.2 Analisa Foto Makro.....	60
4.3 Analisa Foto Mikro.....	63
4.4 Analisa Pengujian Tarik.....	70
4.5 Analisa Uji Kekerasan.....	74
BAB V PENUTUP.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
5.3 Penelitian Selanjutnya.....	81
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Underwater wet welding</i> (Gunuwan d Hariyadi, 2007)....	10
Gambar 2.2 Ruang khusu <i>dry welding</i> .....	11
Gambar 2.3 Pengelasan SMAW .....	16
Gambar 2.4 Grafik diagram fase Fe – C .....	23
Gambar 2.5 Struktur mikro martensit (sonawan, 2004 ).....	27
Gambar 2.6 Struktur mikro acicular ferit, ferit batas butir ( sonawan, 2004 ) .....	28
Gambar 2.7 Struktur mikro bainit ( ASM, 1989 ) .....	29
Gambar 2.8 Arah pembekuan dari logam las ( Wiryosumarto, 2000).....	30
Gambar 2.9 Transformasi fasa pada logam hasil pengelasan ( Sonawan, 2004 ) .....	32
Gambar 2.10 Perubahan sifat fisis pada sambungan las cair ( Malau, 2003 ).....	32
Gambar 2.11 <i>Time temperatur transformation diagram</i> ( Callister & Rethwisch, 2007 ).....	33
Gambar 2.12 Diagram tegangan regangan ( Brien & Jenney, 2001 ).....	36
Gambar 2.13 Lasan penetrasi penuh menerima beban tarik.....	37
Gambar 2.14 Pengujian kekerasan ( ASTM E 384 ) .....	41
Gambar 2.15 Struktur mikro ( ASTM E 3 ) .....	42

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	43
Gambar 3.2 Base metal.....	44
Gambar 3.3 Elektroda.....	45
Gambar 3.4 Solasi tape.....	45
Gambar 3.5 Mesin las daiden MMA - 220HD.....	46
Gambar 3.6 Mesin cutting.....	47
Gambar 3.7 Gerinda tangan.....	47
Gambar 3.8 Kikir.....	48
Gambar 3.9 Meteran.....	48
Gambar 3.10 Penggaris.....	48
Gambar 3.11 Alat uji tarik.....	49
Gambar 3.12 Mesin micro hardness vickers.....	50
Gambar 3.13 Foto micro.....	50
Gambar 3.14 Bak media las.....	51
Gambar 3.15 Pemasangan spesimen.....	52
Gambar 3.16 Pemotongan spesimen.....	53
Gambar 3.17 Spesimen uji tarik ( AWS B4.0.2007 ).....	54
Gambar 3.18 Spesimen pengujian kekerasan.....	55
Gambar 3.19 Pencekaman spesimen uji kekerasan.....	56
Gambar 3.20 Posisi titik pengujian kekerasan.....	56
Gambar 3.21 Pengukuran jejak indentor.....	57
Gambar 3.22 Nilai kekerasan.....	57
Gambar 3.23 Spesimen pengujian struktur mikro.....	58



Gambar 4.1 Foto makro spesimen 120 A.....	60
Gambar 4.2 Foto makro spesimen 160 A.....	61
Gambar 4.3 Foto makro spesimen 200 A.....	61
Gambar 4.4 cacat pengelasan.....	62
Gambar 4.5 Foto mikro karbon butir ferit dan perlit. ( ASM Hanbook Vol – 9 ).....	64
Gambar 4.6 Foto base metal.....	64
Gambar 4.7 Struktur HAZ ( Hery Sonawan, 2003 ).....	65
Gambar 4.8 HAZ pengelasan 120 A.....	66
Gambar 4.9 HAZ pengelasan 160 A.....	66
Gambar 4.10 HAZ pengelasan 200 A.....	67
Gambar 4.11 Weld nugget 120 A.....	68
Gambar 4.12 Weld nugget 160 A.....	68
Gambar 4.13 Weld nugget 200 A.....	69
Gambar 4.14 Spesimen uji tarik.....	70
Gambar 4.15 Diagram perbandingan nilai tegangan Terhadap Arus 120, 160, 200, 200 double, base metal.....	72
Gambar 4.16 Diagram perbandingan nilai regangan terhadap arus 120, 160, 200, 200 double, base metal.....	73
Gambar 4.17 Dimensi spesimen uji kekerasan.....	74
Gambar 4.18 Grafik nilai kekerasan spesimen 120 A.....	75
Gambar 4.19 Grafik nilai kekerasan spesimen 160 A.....	76
Gambar 4.20 Grafik nilai kekerasan spesimen 200 A.....	77

Gambar 4.21 Grafik hubungan nilai kekerasan 120A, 160A, 200A.... 78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengkodean Elektroda Terbungkus.....	14
Tabel 2.2 Diameter elektroda dan besar arus pengelasan ( Gunawan D Haryadi – Undip ).....	15
Tabel 2.3 Baja konstruksi umum menurut DIN 17100 .....	22
Tabel 3.1 Jumlah spesimen pengujian.....	54
Tabel 4.1 Pengujian komposisi kimia.....	59
Tabel 4.2 Patahan hasil pengujian tarik dari setiap variasi.....	71
Tabel 4.3 Hasil pengujian tarik.....	72
Tabel 4.4 Data pengujian kekerasan spesimen 120 A.....	75
Tabel 4.5 Data pengujian kekerasan spesimen 160 A.....	76
Tabel 4.6 Data pengujian kekerasan spesimen 200 A.....	77
Tabel 4.7 Data perbandingan nilai kekerasan ( HVN ).....	78